

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КОМПОЗИЦИОННОМ МАТЕРИАЛЕ НА ОСНОВЕ ЧИСТОГО ТИТАНА, ПОЛУЧЕННЫМ МЕТОДОМ СВАРКИ ВЗРЫВОМ

Макарова Е.Б., Самейцева Т.С., Прохов Д.Н.

Руководитель – профессор, д.т.н. Батаев А.А.

НГТУ, г. Новосибирск, Geni-makk@mail.ru

Требования, предъявляемые к современным конструкционным материалам, обуславливают необходимость разработки новых упрочняющих технологий. Одним из перспективных решений, направленных на повышение конструктивной прочности материалов, является формирование слоистых композитов методом сварки взрывом.

В качестве объекта исследования использовали шестнадцатислойный композит, полученный методом сварки взрывом листовых заготовок из титана ВТ1-0 толщиной 1,0 мм и 0,6 мм (рис.1). Предварительно титановые заготовки подвергались отжигу при температуре 540 °С в вакуумной печи типа СГВ-2.4-2/15-И2.

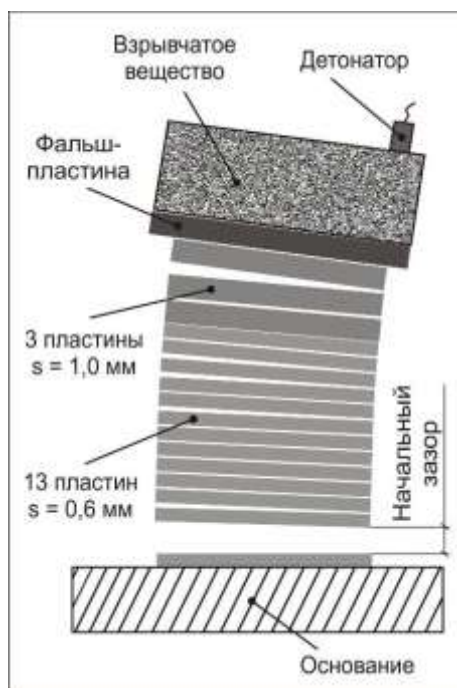


Рис. 1 – Схема сварки взрывом

Структурные исследования показали, что в процессе сварки взрывом образуются соединения как с плоской, так и с волнообразной границей раздела (рис. 2). Плоские границы характерны для нижних сварных швов, деформированных в меньшей степени, а формирование волнообразного соединения происходит под действием интенсивной пластической деформации в процессе сварки взрывом.

Характерной особенностью волнообразных швов является наличие нескольких разнородных участков. Основной металл, располагающийся

между сварными швами, практически не подвергается воздействию пластической деформации сохраняя исходную структуру α -титана. Вдоль границы соединения пластин наблюдается деформированная α -фаза (область 1, рис. 2 а). Зерна вытянуты вдоль профиля волн в швах. Толщина данного участка составляет $\sim 20\ldots 50$ мкм. В сильнодеформированных зернах присутствуют многочисленные двойники, образование которых обусловлено интенсивной пластической деформацией тонких слоев вблизи поверхности пластин.

Металлографические исследования показали наличие в волнообразных соединениях расплавленного металла (область 2, рис. 2 а). Невозможно точно утверждать какая максимальная температура возникает на данном участке в процессе сварки, но образование пор в вихревых зонах свидетельствует о том, что температура значительно превышает точку плавления.

Зона с мелкими равноосными зёрнами, располагающаяся вблизи литых участков, свидетельствует о прохождении рекристаллизационных процессов (область 3, рис. 2 а). Зерна в зоне рекристаллизации имеют размер $\sim 4\ldots 8$ мкм. Малый размер новых зерен обусловлен кратковременностью процесса рекристаллизации при сварке взрывом. Зона рекристаллизованного процесса характеризуется низкой прочностью по сравнению с зоной расплавления и зоной сильнодеформированных зерен.

Сварные швы, расположенные в нижней части композиционного материала, представляют собой полосы расплавленного металла (рис. 2 б). В центральной области шва наблюдаются мелкие зерна, а ближе к краю – столбчатые кристаллы, ориентированные в направлении отвода тепла. Ширина таких швов составляет $\sim 4\ldots 15$ мкм. В прямых швах с прослойкой расплавленного металла образуется поперечные микротрещины, длина которых ограничена объемом зоны расплавления. Наличие таких дефектов свидетельствует о возникновении высоких напряжений при быстрой кристаллизации расплава.

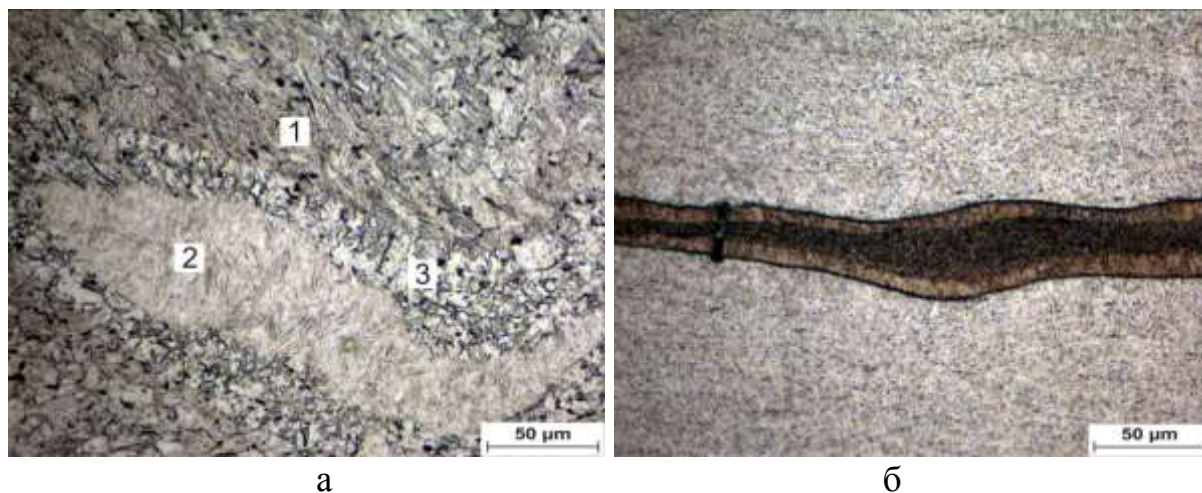


Рис. 2 – Структура сварных швов в композите

ДюрOMETрические исследования сварных швов позволили установить, что наиболее упрочненными являются зоны расплавления. Микротвердость этих зон в 2-3 раза превышает микротвердость исходных титановых пластин и составляет 3900...5100 МПа. Микротвердость сильнодеформированного металла достигает 2700...3100 МПа, в то время как твердость рекристаллизованного слоя составляет 2200...2500 МПа. Максимальной твердостью обладают плоские сварные швы с непрерывным слоем оплавленного металла на границе раздела (~ 9000 МПа). Полученные результаты свидетельствуют о повышении уровня микротвердости по всему объему композита, а максимальное упрочнение наблюдается в зоне расплавления.